

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Subdirección General de Operaciones
División de Programación Didáctica
Bogotá - Colombia
Diciembre de 1977

CURSO DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS
AJUSTE
DOBLADO

Unidad Autoformativa No. 19

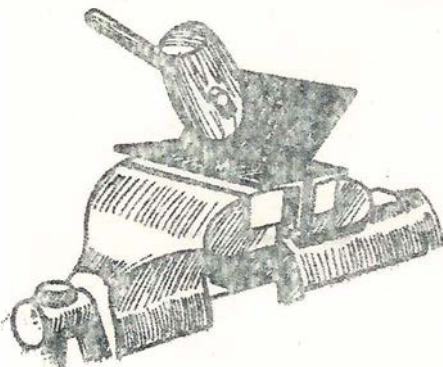
"Prohibida la publicación total o parcial de este documento sin la autorización expresa del SENA".



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

OBJETIVO

Dadas dos piezas de acero St-37, el T-A estará en capacidad de ejecutar el doblado: a) A mano; b) Utilizando máquina.



Material a Trabajar:

Acero ST-37

Herramientas:

Martillo - Troquel

Instrumentos:

Lápiz - Rayador - Escuadra o Goniómetro

Maquinaria y Equipo:

Prensa - Matriz - Cabezal - Exéntrica

PLAN DE TRABAJO

QUE SE HACE	COMO SE HACE
DOBLADO A MANO 1. Trazado de la lámina 2. Sujeter la pieza 3. Doblar la lámina 4. Verificar el ángulo obtenido	Con lápiz o rayador. Colocándola en la prensa. Dando golpes con el martillo. Con escuadra o goniómetro.
DOBLADO A MAQUINA 1. Trazado de la lámina 2. Colocar la pieza 3. Doblar la lámina	Con lápiz o rayador. En el asiento de la matriz. La exéntrica acciona el cabezal para obtener el movimiento de trabajo del troquel sobre la lámina.

Doblado de alambre, barras, tubos y planchas

Las planchas o palastros, los alambres, las barras de forma; o perfiles laminados, y los tubos de acero y de otros metales tenaces son susceptibles de ser doblados (fig. 1).

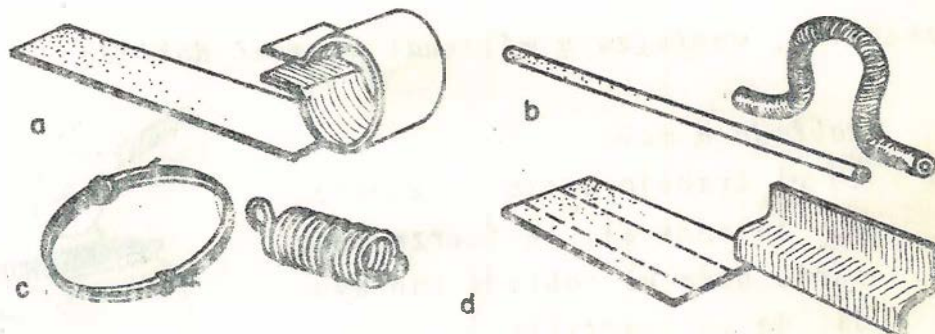


Fig. 1 Trabajos de doblado y curvado, a) Abrazadera para tubo hecha con hierro de plano; b) tubo de acero curvado; c) resorte de tracción curvado de alambre de acero duro; d) trabajo de doblado de planchas.

El material opone al doblado una resistencia que tiene que ser vencida con el esfuerzo de flexión empleado.

Esta operación hace que el material quede deformado en el punto en que se dobla.

Como aquí, contrariamente a lo que ocurre en el limado, no hay arranque de viruta, se designa el doblado como procedimiento de conformación sin arranque de viruta. Hay otros procedimientos para dar forma sin arranque de viruta, como por ejemplo, la forja, el laminado, el embutido y la fundición.

Los trabajos sencillos de doblado pueden hacerse a mano. Para ello se sujeta generalmente la pieza en el tornillo de banco y el esfuerzo de flexión o doblado se suministra a mano o por medio de martillazos.

El doblado puede tener lugar en estado frío o en estado caliente. De acuerdo con esto se llama a la operación doblado en frío o doblado en caliente, respectivamente. En el doblado en caliente se hace uso de la propiedad que presentan muchos materiales, como, por ejemplo, el acero y otros metales pesados.

el acero y otros metales pesados, de ser mejor y más fácilmente deformables en el estado del rojo cereza.

Si se trata de realizar trabajos difíciles de doblado o si hay que doblar o curvar una gran cantidad de piezas del mismo tipo se emplean montajes y máquinas de doblado especial.

Herramientas, montajes y máquinas para el doblado

Doblado a mano

En el trabajo basto se aporta, por lo general, la fuerza necesaria para el doblado con ayuda de un martillo de mano.

Al hacerlo es inevitable que se abolle el material en la parte doblada, especialmente cuando se trata de metales blandos.

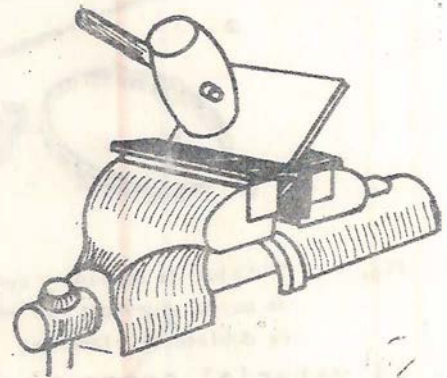


Fig. 1 Operación de doblar un palastro de poco espesor.

Si se piden superficies tan lisas como se pueda, se emplean martillos blandos de metal ligero, cobre o plomo. Cuando se trata de piezas de pared delgada como, por ejemplo, el palastro, se emplean martillos de madera. (fig. 1).

Los alambres se curvan a esquina viva con alicates planos, y formando arco circular, con alicates redondos (fig. 2).

Doblado en montajes

Los anillos o asas hechos con acero redondo se curvan alrededor de un mandril. Las piezas que hay que doblar varias veces, se doblan en el tornillo de banco con ayuda de los suplementos necesarios (fig. 3).

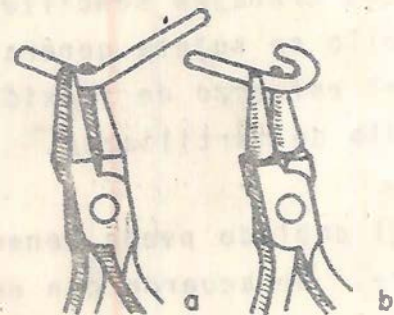


Fig. 2 Doblado de alambres. a) A arista viva; b) en redondo.

Estos dispositivos constituyen lo que se llama montajes de doblado o curvado.

En general, se entienden por tales las herramientas auxiliares que se prevén para un trabajo bien determinado.

Suplen por ejemplo, el engorroso trazado de las aristas de doblado y la disposición de la pieza en el tornillo de banco. Con montajes se trabaja economizando tiempo y evitando defectos o errores.

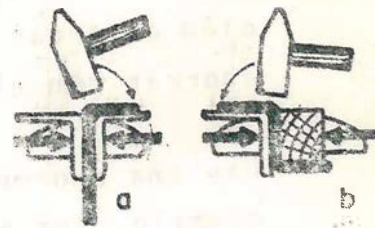


Fig. 3 Doblado de plaquetas en forma de Z, a) Arista 1ª; b) arista 2ª doblada con un suplemento o sales de madera.

Máquinas de doblar

En las máquinas de doblar se ha seguido desarrollando la idea del ahorro de tiempo y de trabajo que es el fundamento en los montajes de doblado.

Las estampas de doblar o curvar actúan por compresión de un troquel o macho sobre la parte que se quiere doblar o curvar. Como base de asiento o sufridera se emplea una matriz.

El troquel y la matriz están conformados de tal modo que la pieza es sujeta en posición correcta, y curvada manteniendo las medidas (fig. 4).

El movimiento de trabajo del troquel se obtiene con ayuda de un cabezal que es accionado por medio de una excéntrica.

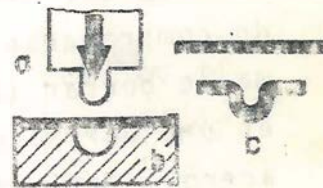


Fig. 4 Trabajo de doblado o curvado en la estampa. a) Troquel; b) matriz; c) pieza a curvar (antes y después de curvar).

Los trabajos necesarios para doblar o curvar a mano, tales como el trazado de las partes a doblar, la colocación y la sujeción en el tornillo de banco, la operación de sacar la pieza y eventualmente enderezarla, se ahorran con el empleo de la estampa de curvar o doblar.

Hay una enorme variedad de máquinas de curvar como, por ejemplo, los bancos de rebordonar palastros anchos, los rodillos o cilindros para el curvado de planchas, las máquinas para el curvado de tubos, etc.

Proceso de doblado

En el doblado se estira (se alarga) la pieza por la parte exterior de la parte doblada y por la parte interior se aplasta (se acorta).

Este estado de cosas puede comprobarse en una goma de borrar (fig. 5) o en una barra cuadrada de acero, por ejemplo, trazando previamente algunas líneas testigo.

Después del doblado las distancias entre línea y línea trazada sobre la parte exterior de la zona doblada habrán aumentado y las de la parte interior habrán disminuido (fig. 6).

La capa de material situada exactamente en el plano medio no ha participado de la variación de longitud. Esta capa se llama, por esta razón, "capa de la fibra neutra" o simplemente "fibra neutra".

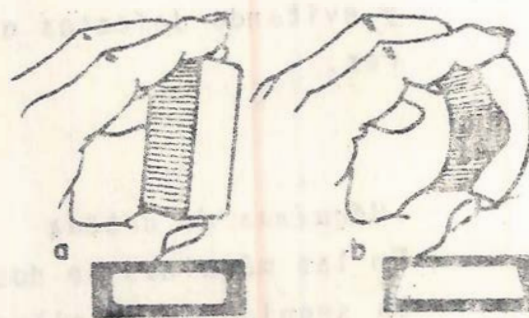


Fig. 5 Ensayo de doblado con un trozo de goma de borrar. Véase la zona de doblado a) Antes y b) después del doblado.

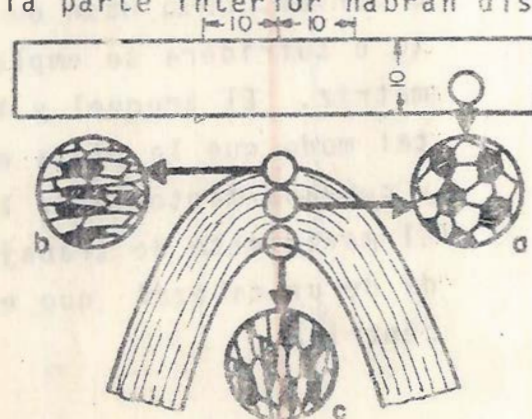


Fig. 6 Influencia del doblado sobre la estructura del material. a) Estructura, sin edificar, de la fibra neutra; b) granos de cristal alargados; c) granos de cristal aplastados.

Siempre que se ejecuta una operación de doblado o de curvado, o de flexión, se presentan variaciones de la sección transversal, si no se toman precauciones especiales para evitarlas. Se procura evitar estas variaciones de la sección transversal especialmente cuando se trata del curvado de tubos.

Longitud estirada

En muchos trabajos de doblado, como por ejemplo, cuando se curva un anillo, es necesario antes de comenzar la operación cortar a su longitud exacta la pieza en bruto. Para ello hay que determinar su longitud en desarrollo.

Como el material al doblarse o curvarse se estira por fuerza y se aplasta o encoge por el contrario, en su cara interior, para determinar la longitud en desarrollo habrá que partir de la fibra neutra.

Longitud desarrollada = Longitud de la fibra neutra

Por la experiencia se sabe que la capa de la fibra neutra se halla dispuesta, para la mayoría de los trabajos de curvado o doblado, en el centro de la sección transversal del material.

Ejemplo: Se desea curvar una barra redonda de acero de 8 Ø para formar un anillo de 40mm de diámetro interior. (fig. 7).

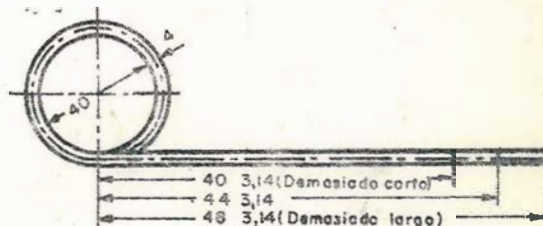


Fig. 7 la longitud correcta del corte (ejemplo)

Longitud del desarrollo = Longitud de la capa de la fibra neutra.

= Longitud circunferencial de la fibra neutra.

= diámetro 3,14 = (40+4+4) mm
3,14 = 48 mm 3,14 = 151 mm.

DUCTILIDAD Y TENACIDAD

El estirado y el recalcado del material en la parte doblada o flexada, presupone que el conjunto de las partículas de material de que está formada la pieza, es dilatante o compresible. Además, al estar sometido el material a esta sollicitación no deberá romperse, es decir, que las fuerzas de cohesión entre las partículas de material tienen que permanecer activas.

La capacidad de dilatación de los materiales es muy variable de unos a otros. La fundición gris y el vidrio son poco dilatantes; el caucho, la madera y el acero lo son notablemente más. Por esta razón no deberán nunca ser sometidas a flexión las piezas de fundición gris (fig. 8).

En la dilatabilidad de los materiales hay que distinguir entre alargamientos elásticos y alargamientos permanentes según sea la magnitud de los esfuerzos de tracción que se presentan en la flexión o doblado.

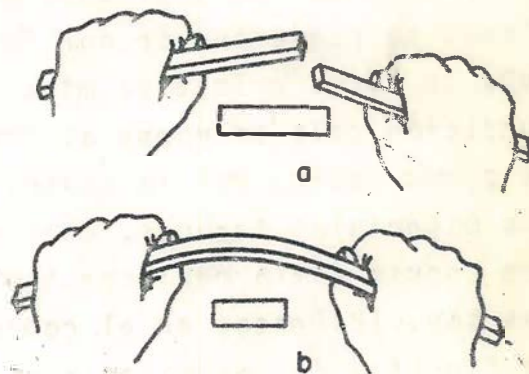


Fig. 8' Doblado (flexión) de una barra de fundición gris y de otra de acero

Para tensiones de flexión (de tracción) pequeñas al principio tienden muchos materiales a que la deformación sufrida se recupere (véase alambre de resortes), solamente al sobrepasar de esa cierta tensión de valor diferente para cada material (por ejemplo, para el St 37 20 kp/mm^2) se presenta la deformación permanente deseada en el trabajo de doblado.

Según sea el carácter de las fuerzas de cohesión de un material, así podrán las sollicitaciones exteriores obrar de modo muy distinto con relación a la conformación buscada.



Fig. 9 Los materiales dúctiles, tanques se pueden conformar muy bien mediante ; a) forja; b) cilindrado o laminación; c) repulcado; d) rebordado ; e) embutición. Las operaciones a) y b) tienen lugar en caliente y de la c) a la e) en frío.

Así se explica que una plancha blanda de cobre pueda ser, en virtud de su tenacidad, repetidamente deformada sin romperse y que un alambre de los empleados en soldadura (electrodo) de acero blando se puede curvar con facilidad recobrando, empero, después su forma primitiva mientras que un electrodo igual para fundición gris se rompe al tratar de curvarlo.

Se puede decir, por lo tanto, lo siguiente:

Los materiales tenaces, como el acero blando o el duro, se dejan curvar (deformar) con tanta mayor facilidad cuanto más blandos son. (Piénsese en el cobre blando, el aluminio o el plomo.) La facultad de los materiales de recuperar su forma, se denomina elasticidad. Cuanto más duro es el material, tanto más elástico acostumbra a ser. Cuanto más blando, tanto menos elástico o tanto más, modelable, o dúctil es.

Los materiales que al ser curvados o flexados se rompen con facilidad se llaman frágiles.

La fundición gris, el vidrio, el hilo etc. son frágiles y nada o muy poco deformables.

DOBLADO DE BARRAS

Las piezas de acero plano, cuadrado o redondo se doblan a arista viva en el tornillo de banco.

Si se han previsto varios sitios de dobladura se utilizan suplementos o calces para sujetar la pieza. Los redondeamientos se hacen, por ejemplo, ayudándose del cuerno redondo del yun que . Para ello se empieza por curvar los extremos de los anillos (fig. 10)

Si se trata de doblar a arista viva un acero angular, el material del ala que se halla en el plano de flexión se separará y formará un abultamiento.

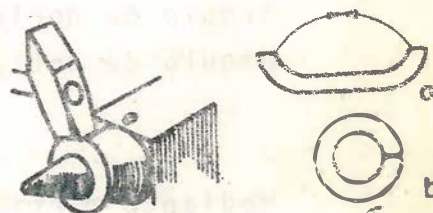


Fig. 10

Si queremos doblar a arista viva perfiles de acero angulares, en U, o en Z, habrá que entallar o escotar el ala que se halla situada en el plano de dobladura o flexión. Se entiende aquí por entallar o escotar, recortar o aligerar las piezas en el plano de flexión. El proceso de doblado queda con ello simplificado porque no habrá que doblar nada más que el alma que ha permanecido intacta en el acero angular. Es decir, que no intervendrán ya nada más que las tensiones que aparecen habitualmente en el doblado de un acero plano. La forma de la entalladura o escote queda determinada por el ángulo de doblado y por el espesor del alma.

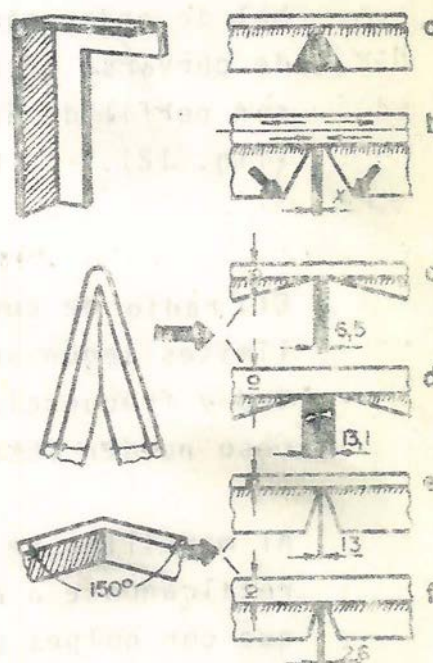


Fig. 11

Al trazar esta clase de piezas hay que tener en cuenta que la parte interior del ala que se dobla queda recalcada. Con objeto de que pueda hacerlo, las aristas de la entalladura o escote que se recorta tienen que mantener entre sí en el fondo una determinada distancia. Esa distancia es tanto mayor cuanto mayor sea el espesor del ala y cuanto menor sea el ángulo de doblado (fig. 11).

EJEMPLO

Para un espesor en el ala de	5 mm	10 mm
Angulo de doblado 30° distancia	6,5 mm	13,1 mm
Angulo de doblado 150° distancia	1,3 mm	2,6 mm

Mediante martillado del ala de un acero angular que permanece en el plano de curvatura - por ejemplo, sobre el mármol de enderezar - puede curvarse un anillo con perfil de ángulo (fig. 12).

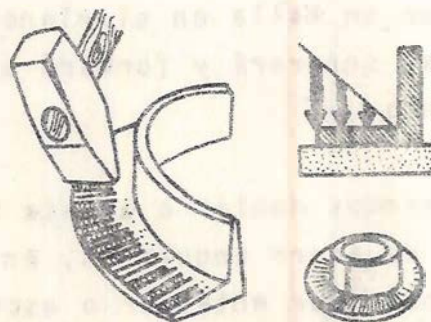


Fig. 12

El radio de curvatura puede variarse dentro de amplios límites según sea la medida del alargamiento (intensidad y frecuencia de los martillazos). Mediante este proceso pueden obtenerse también acodamientos arbitrarios.

Al martillar se alarga el material del ala en cuestión recalcándose o aplastándose el de la otra de tal modo que con golpes uniformemente dados se forma un anillo circular.

CURVADO DE TUBOS

Los tubos se aplastán aplastándose en la parte doblada: en el exterior se mete la pared del tubo hacia dentro y en la parte interior por el contrario sale hacia afuera. Las partículas de material de la pared del tubo se sustraen así en parte a las tensiones de tracción y de compresión que surgen con motivo del estirado y del aplastamiento.

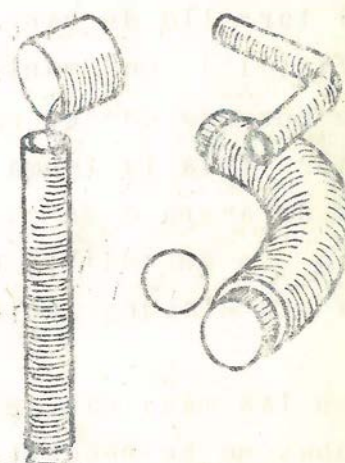


Fig. 13

Con el objeto de evitar el aplastamiento de que hemos hablado antes, en la parte doblada, lo que se hace para doblar tubos de acero fundido es llenarlos, antes de proceder al curvado, con arena seca, cribada con tamiz fino. Golpeando el tubo, con el mango del martillo, por ejemplo, se apelmaza la arena y termina por rellenar bien el interior del tubo. Los extremos se cierran con tapones de madera (fig. 13).

Si la arena no se golpea bien, se seguirá aplastando el tubo en la parte doblada o curvada. La arena tiene que estar bien seca, pues, de lo contrario, cuando se trata de curvar en caliente tubos grandes, se forma en el interior vapor de agua que puede llegar a expulsar los tapones.

Los tubos de pared delgada, de cobre blando, de aluminio o de latón se llenan, antes de proceder a su doblado, con colofonia líquida (resina de abeto) (fig. 14).

Después de curvado el tubo se extrae la colofonia por fusión; los restos de colofonia que quedan en el tubo pueden eliminarse mediante lavado con bencina.

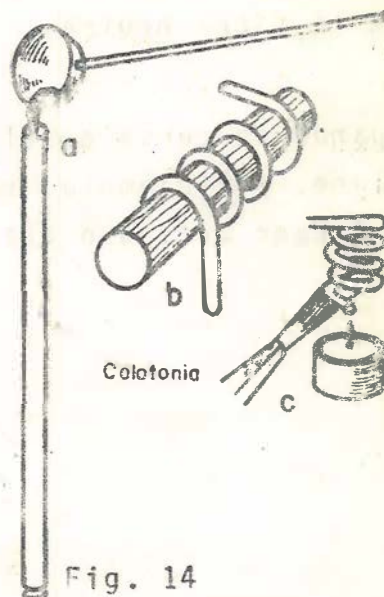


Fig. 14

Los trabajos de curvados de tubos pueden realizarse, o bien en el tornillo de banco, o bien valiéndose de montajes especiales (fig. 15). Los montajes constan, generalmente, de una plantilla de curvado con el radio de la curva deseado y cuyo borde exterior lleva la forma de la pared exterior del tubo. El tubo, lleno de arena o de colofonia, se presiona paulatinamente por medio de un rodillo accionado por una palanca de mano, contra la acanaladura de la plantilla de curvado.

Con las máquinas de curvar tubos no se necesita el llenado de arena, porque en la parte que se curva hay un mandril que avanza a medida que lo hace el curvado, impidiendo el aplastamiento del tubo. Los tubos soldados deben curvarse siempre teniendo cuidado de que la costura soldada caiga en la capa de la fibra neutra.

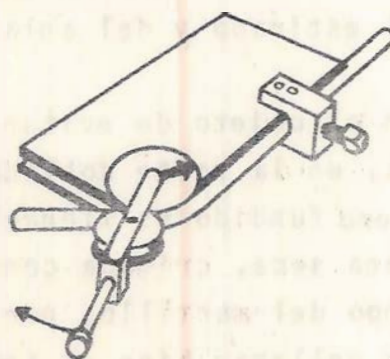


Fig. 15

Si cuando se curva en el tornillo de banco el plano de curvatura tiene, por ejemplo, posición horizontal la costura soldada deberá caer arriba o abajo, pero no lateralmente.

DOBLADO DE CHAPAS

Rebordonado, pestañado, plegado

Las piezas pequeñas de plancha se curvan o doblan en el tornillo de banco (fig. 16). Si no se quiere doblar a arista viva, se emplearán suplementos o calces con aristas redondeadas. En las mandíbulas del tornillo de banco se pueden sujetar suplementos de plancha que se prestan bien para el doblado de superficies anchas de plancha (fig. 17).

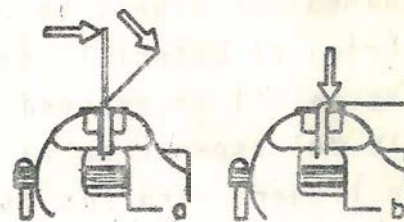


Fig. 16

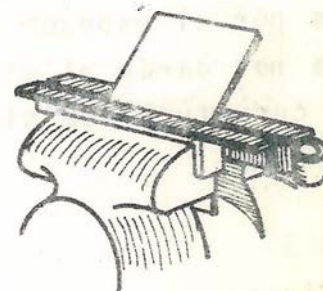


Fig. 17

En hojalatería se suele llamar al doblado de los bordes de una chapa, pestañado o rebordonado. Para esta operación se emplean bancos o máquinas especiales de rebordonar o plegar (fig. 18). Con objeto de que se puedan conseguir plegados y rebordonados de distintos tipos, como, por ejemplo, con radios de curvatura distintos, se prevén varias distintas bandas intercambiables. En el plegado de planchas hay que prestar especial atención al radio de curvatura de la dobladura. Si se dobla con arista demasiado viva, es decir, habiendo elegido un radio de curvatura demasiado pequeño, se rompen las planchas por la dobladura. La elección del radio correcto de curvatura depende :

1º del espesor de la plancha que se trata de doblar (fig. 19) y

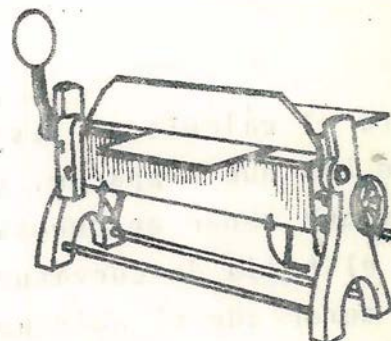


Fig. 18

2° de la ductilidad de la plancha.

Cuanto más gruesa la plancha y menos dúctil (más frágil, más agrio,) el material, tanto mayor tiene que ser el radio de curvatura. Si se expresa como fracción o, en su caso, como múltiplo del espesor de la plancha se llegará para los distintos materiales a lo que se puede llamar coeficientes o módulos. Estas cifras multiplicadas por el espesor de la plancha nos darán el mínimo radio de curvatura admisible en cada caso.

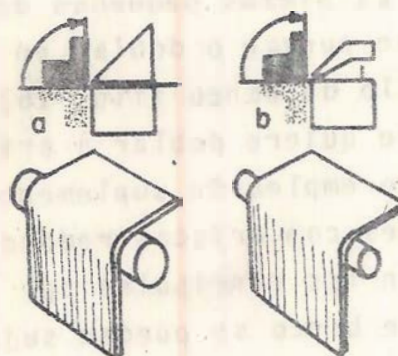


Fig. 19

Radio de doblado (mm) = coeficiente espesor de la plancha (mm)

Material coeficiente Radio de dobladura para espesores de plancha de

		1mm	2mm
Acero blando	0,5	0,5 mm	1,0 mm
Cobre blando	0,25	0,25mm	0,5 mm
Latón blando	0,3	0,3 mm	0,6 mm
Dural	2,5	2,5 mm	5,0 mm

Para el cálculo de las longitudes de los recortes de plancha que hay que preparar, en los trabajos de curvado de planchas, hay que tener en cuenta lo siguiente :

Si el radio de curvatura o, lo que es igual, de la dobladura es menor que el quíntuplo del espesor de la plancha, no se podrá tomar ya la fibra neutra como pasando por el centro de la sección de la dobladura. Por el contrario, esa capa que hemos llamado de la fibra neutra se desplaza ahora más hacia adentro. En estos casos se calcula el recorte por medio de una fórmula práctica.

COLOCAR LAS ARISTAS DE DOBLADO NORMALES A LA DIRECCION DEL LAMINADO

Supongamos que de una plancha (palastro de 1 X 2 m y 1 mm de espesor) se recortan dos bandas estrechas que vamos a considerar como probetas para ensayo de doblado y que una de ellas se haya tomado paralela y la otra normal al lado mayor de la plancha. Si se doblan estas probetas una tras otra repetidas veces en el tornillo de banco a un lado y a otro, se podrá observar que la probeta que hemos recortado paralela a la arista más larga de la plancha aguanta más dobladuras que la otra (fig. 20)

Esta observación reposa en el hecho de que los palastros laminados son más tenaces en el sentido normal a la dirección que se llama de laminado que en el paralelo a ésta.

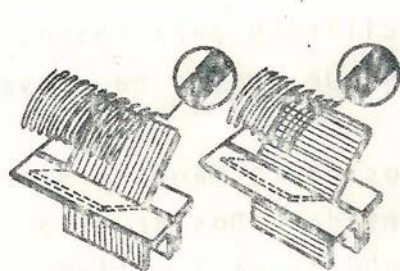


Fig. 20

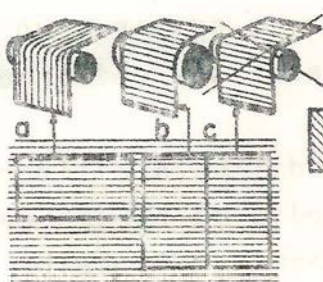


Fig. 21

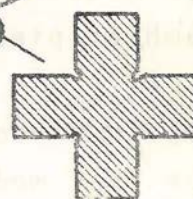


Fig. 22

Las aristas de doblado se trazarán, a ser posible, en las planchas de tal modo que tengan dirección transversal respecto a la de laminación (fig. 21).

Cuando haya que doblar aristas que forman entre sí ángulos de 90° (por ejemplo, en construcción de cajas y análogos) se trazarán esas aristas a 45° con la dirección de laminado (fig. 22). Por lo general, la dirección de laminado en las probetas es paralela al lado más largo de la plancha.

Las aristas de doblado que se cortan entre sí suelen taladrarse en el punto de intersección, para evitar que se rasgue la chapa por allí (fig. 22).

CURVADO

Las superficies laterales de forma cilíndrica de tanques y análogos se curvan partiendo de recortes convenientes de palastro. Para curvar a mano se golpean con un martillo de madera las tiras estrechas de plancha dispuestas sobre trozos de tubo o de redondos de acero sujetos en el tornillo de banco. Lo primero que se redondea son los extremos de la plancha.

Las superficies laterales de diámetros mayores se curvan a mano sobre un trozo de carril.

La operación de curvar va mucho más aprisa cuando se dispone de una máquina de curvar o un cilindro para chapa, consiguiéndose también piezas más uniformes que cuando se curvan a mano.

Los tres rodillos o cilindros de la máquina de curvar se accionan por medio de ruedas dentadas. Dos de ellos se pueden ajustar al espesor de la chapa que se va a cilindrar: estos cilindros son los que hacen como conductores o alimentadores, siendo el tercero el que realmente podemos llamar cilindro de curvado. Como está dispuesto de modo basculante se podrán curvar con la máquina superficies laterales de diámetros variados (fig. 23).

Los cilindros conductores no deben estar ajustados para una separación demasiado pequeña pues podrían doblarse. También podrían endurecerse, especialmente las chapas delgadas.

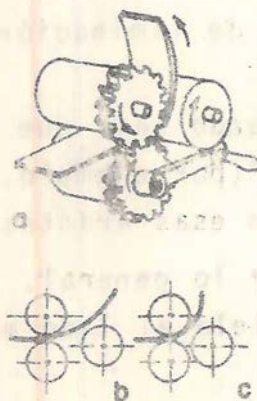
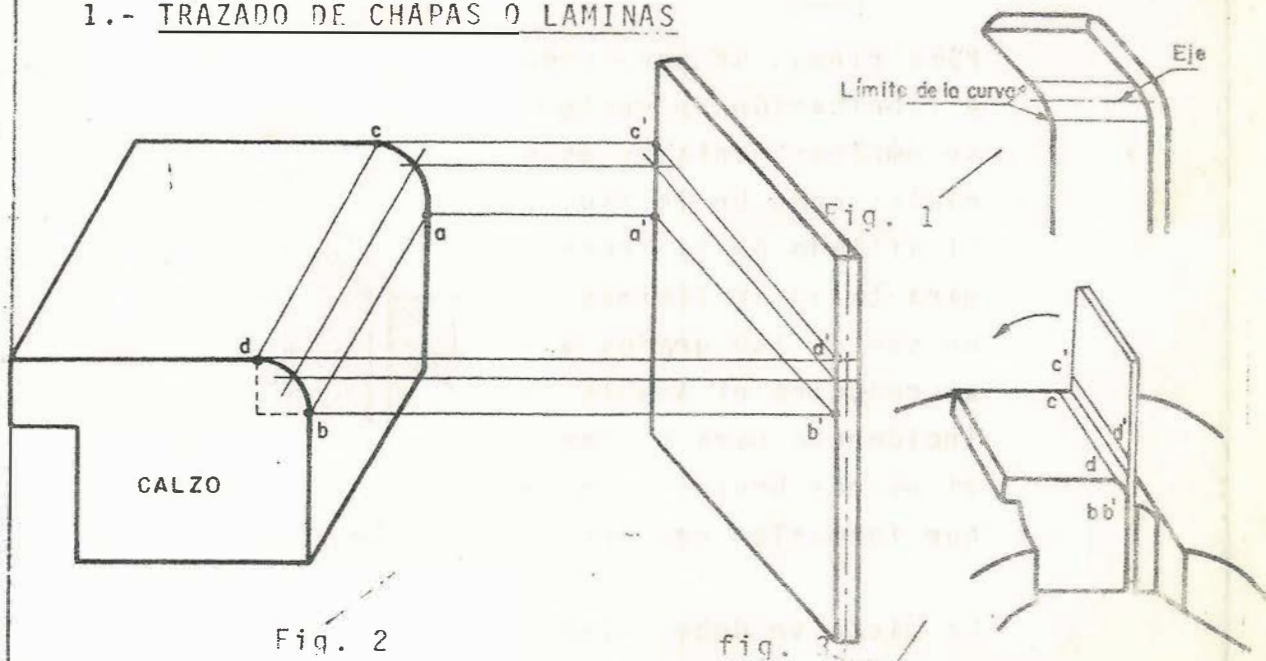


Fig. 23

1.- TRAZADO DE CHAPAS O LAMINAS



El trazado debe ejecutarse siempre que sea posible, de manera que este quede en el ángulo interno. (fig. 1).

Cuando el trazado de la lámina vaya a quedar en la parte externa es conveniente hacerlo con lápiz, especialmente sobre ciertos metales.-En este caso, al usar el rayador, se suelen ocasionar descarramientos al doblar el material.

Cuando se va a utilizar para el doblado un calzo de guía, es muy ventajoso hacer también el trazado sobre dicho calzo de modo que ambos trazados (lámina y calzo) coincidan (figuras 2 y 3).

2.- DOBLADO

Las piezas que no requieren mayor precisión se doblan según los procesos indicados en la figura 4.

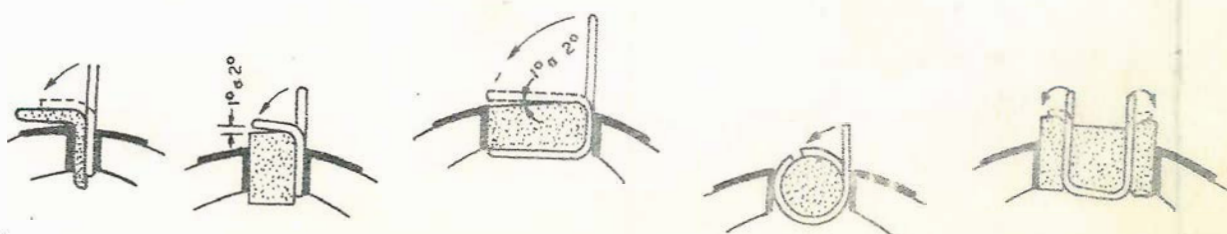


Fig. 4

Para piezas de precisión y fabricación en serie - se emplean montajes especiales como en la fig. 5. El afilado de la broca - para taladrar láminas debe ser de 150 grados y - se reducirá el ángulo de incidencia para evitar - el avance brusco, con lo que formarían rebabas.

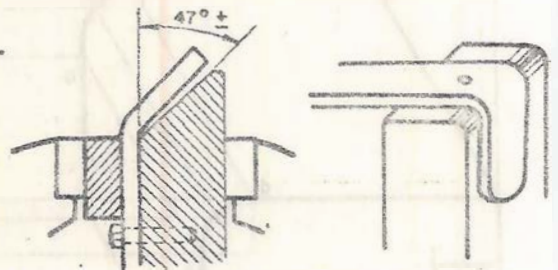


Fig. 5

La pieza se debe golpear lo más cerca posible al trazado y con ayuda de - un calzo. (fig. 6).

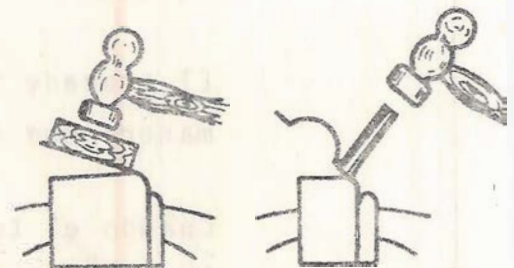


Fig. 6

Para taladrar láminas se procede como en la fig. 7.

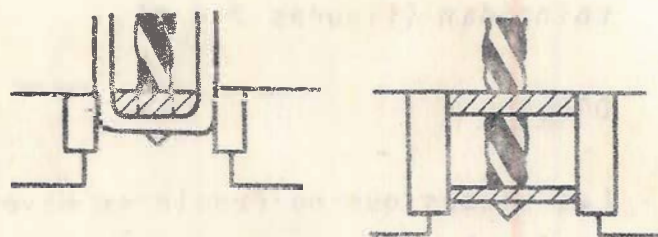


Fig. 7

3.- DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES PARA EL DOBLADO.

Cuando doblamos una chapa o lámina, se deforma en el canto obtenido en la operación, así :

- 1º En la parte exterior, el material se estira.
- 2º En el interior el material se comprime.

Entre estos dos extremos existe una zona, donde el material no sufre deformación alguna.

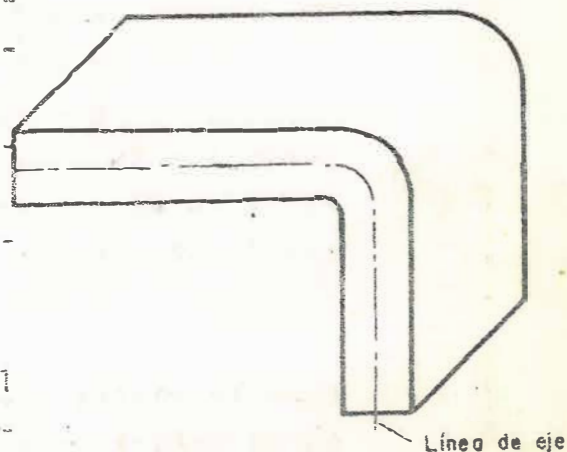


Fig. 8

Esta parte coincide aproximadamente con la línea del eje de la lámina.

4.- CALCULO

Para determinar la longitud del material necesario para la ejecución de la pieza de la figura 9 hacemos el siguiente cálculo.

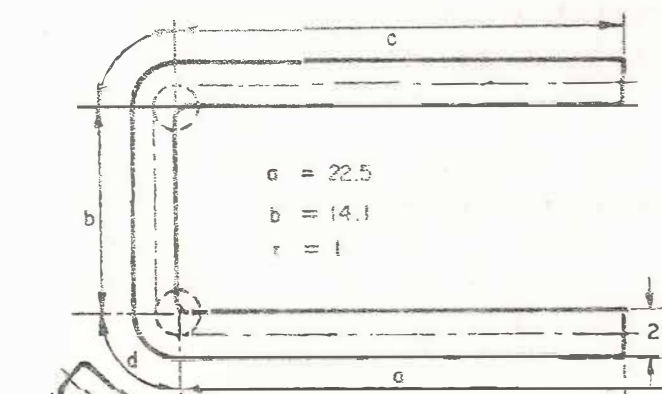


Fig. 9

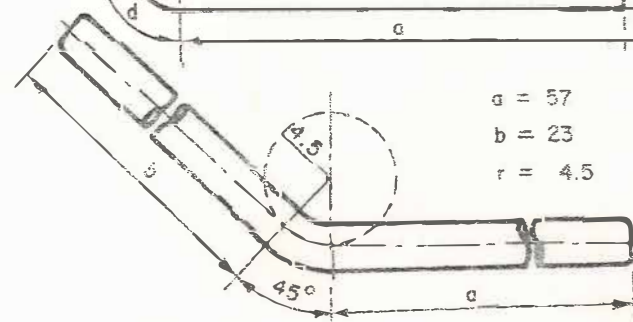


Fig.10

La longitud total será la suma de las partes rectas más las curvas.

$$\text{Partes rectas} = a + b + c$$

$$a = 22,5$$

$$b = 14,1$$

$$c = 22,5$$

$$\text{Luego } a + b + c = 22,5 + 14,1 + 22,5 = 59,1$$

$$\text{Parte curva d (es la cuarta parte de la circunferencia) } = \frac{2 \times \pi \times r}{4}$$

Como la lámina tiene 2 mm. de espesor el radio de la curva valdrá la mitad es decir 1mm.

$$\text{Luego d } = \frac{2 \times 3,14 \times 1}{4} = 1,57$$

y como la otra parte curva " e " es igual, el valor de las dos partes curvas será :

$$d + e = 1,57 + 1,57 = 3,14 \text{ mm.}$$

$$\text{Longitud total} = a + b + c + d + e = 22,5 + 14,1 + 22,5 + 1,57 + 1,57 = 62,24$$

Medición útil = 62,2 "- Hágase el mismo ejercicio con los datos de la figura 10